包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能、消化道内环境及血清生化指标的影响[1]

许丽惠　樊　倩　张　杰　高玉云　王全溪　王长康*

（福建农林大学动物科学学院，福州 350002）

摘　要：本试验旨在研究饲粮中添加不同剂量包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能、消化道内环境及血清生化指标的影响。选取 1 日龄体重相近的健康黄羽肉鸡 300 只，随机分为 4 个组，每组 5 个重复，每个重复 15 只。对照组饲喂基础饲粮，试验组分别饲喂基础饲粮中添加 0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂的试验饲粮。试验期 63 d。结果表明：1）0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂组的末重、体增重均极显著高于对照组（P<0.01）。2）0.3%包被酸化剂组胸肌率、腿肌率均显著高于对照组（P<0.05）；0.3%包被酸化剂组十二指肠及 0.5%包被酸化剂组腺胃 pH 显著低于对照组(P<0.05)；0.3%包被酸化剂组十二指肠胰蛋白酶、淀粉酶活性及盲肠乳酸菌数量显著高于对照组(P<0.05)，大肠杆菌数量显著低于对照组(P<0.05)。3）0.1%包被酸化剂组碱性磷酸酶（AKP）活性显著高于对照组，尿素氮含量则显著低于对照组（P<0.05)；0.3%包被酸化剂组 AKP、过氧化氢酶（CAT）活性及总抗氧化能力显著高于对照组(P<0.05)。由此可见，饲粮中添加包被酸化剂能够改善黄羽肉鸡生长性能，降低肠道 pH，提高消化酶活性，改善微生物区系组成及血清生化指标，适宜添加量为 0.3%。

关键词：黄羽肉鸡；生长性能；消化酶；微生物菌群；血清生化指标

中图分类号：S831　　　　文献标识码：　　　　　　　　文章编号：

抗生素自被发现对动物生长有促进作用以来，在畜牧业中得到了广泛应用，部分甚至是滥用。随着人们对食品安全的关注，寻找抗生素替代物成了当前研究的热点。酸化剂是与香味剂、酶制剂、益生素等并列的保健型饲料添加剂，具有无残留、无耐药性、无毒等特点，在饲料中的应用日渐广泛。酸化剂可降低饲粮的 pH[1]及消化道的 pH[2]，促进动物采食[3]，提高消化酶活性[4-5]，改善肠道微生物区系[6-7]。包被酸化剂是利用脂化缓释技术将酸化剂进行包被。同复合酸化剂相比，包被酸化剂可提高产品功效，可在胃肠道释放，作用更持久、有效。目前我国的黄羽肉鸡主要是仿土鸡类型，具有生长性能高、抗逆性强、体型外貌美观、

收稿日期：2015-09-01

基金项目：福建省农业“五新工程”支助项目(K6MLA001A)

作者简介：许丽惠（1987-），女，福建龙海人，硕士，助理实验师，从事动物营养与饲料科学的研究。E-mail: xulihui314@qq.com

*通信作者：王长康，教授，硕士生导师，E-mail：　wangchangkangcn@163.com

肉质好和“三黄”特征，适合集约化养殖，市场竞争优势显著。禽类消化道较短，饲料在肠道停留时间较短，尤其是雏鸡消化系统发育不完全，胃酸分泌不足，对消化酶的激活不足[8]，存在饲料的消化利用率低，在其饲粮中添加促进消化吸收的物质对于其生长具有重要意义。现有文献中关于包被酸化剂在黄羽肉鸡上的使用剂量及效果的报道并不多见。本试验拟通过研究包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能、消化道内环境及血清生化指标的调节，探讨不同添加剂量包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能、消化道内环境及血清生化指标的影响，为生产实践中利用包被酸化剂改善肉鸡消化功能，促进其生长提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验选用莆田广东温氏家禽有限公司提供的 1 日龄黄羽肉鸡 300 只，随机分为 4 个组，每个组 5 个重复，每个重复 15 只，各重复之间体重差异不显著（$P>0.05$）。对照组饲喂不添加包被酸化剂的基础饲粮，试验组分别饲喂在基础饲粮中添加 0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂的试验饲粮。包被酸化剂由麦仑（厦门）生物科技有限公司提供（含有柠檬酸、乳酸、磷酸等，每克产品中含有乳酸 30%，总酸 48.6%）。试验期 63 d。试验饲粮为玉米+豆粕型，参照中国黄羽肉鸡饲料标准配制而成，基础饲粮组成及营养水平如表 1 所示。试验鸡采用笼养，24 h 光照，自由采食及饮水，通风采用排气扇换气，常规免疫程序免疫。

表 1 基础饲粮组成及营养水平（风干基础）

Table 1 Composition and nutrient levels of basal diets (air-dry basis) %

项目 Items	1~4 周 1 to 4 weeks	5~9 周 5 to 9 weeks
原料 Ingredients		
玉米 Corn	58.00	67.00
豆粕 Soybean meal	27.00	18.00
膨化大豆 Extruded Soybean	10.00	10.00
石粉 Stone powder	1.00	1.00
预混料 Premix1）	4.00	4.00
合计 Total	100.00	100.00
营养水平 Nutrient levels2）		
代谢能 ME/(MJ/kg)	11.87	12.17
粗蛋白质 CP	21.02	17.09
钙 Ca	1.02	0.86
总磷 TP	0.55	0.48

有效磷 AP	0.31	0.26
赖氨酸 Lys	1.12	0.82
蛋氨酸+半胱氨酸 Met+Cys	0.83	0.72
盐分 Salt	0.36	0.36

1) 预混料可为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of diets：1~4 周 1 to 4 weeks，Cu 10.00 mg，Fe 72.00 mg，Mn 78.00 mg，Zn 60.20mg，I 0.40 mg，Se 0.24 mg，氯化胆碱 choline chloride 600.00 mg，VA 10 000.00 IU，VD_3 2 600.00 IU，VE 26.00 mg，VK_3 2.60 mg，VB_1 2.50 mg，VB_2 6.50 mg，VB_6 2.60 mg，VB_{12} 19.50 μg，烟酸 nicotinic acid 26.00 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 13.00 mg，叶酸 folic acid 1.30 mg，生物素 biotin 104.00 μg；5~9 周 5 to 9 weeks，Cu 10.00 mg，Fe 72.00 mg，Mn 78.00 mg，Zn 60.20 mg，I 0.40 mg，Se 0.24 mg，氯化胆碱 choline chloride 600.00 mg，VA 9 000.00 IU，VD_3 2 200.00 IU，VE 22.00 mg，VK_3 2.20 mg，VB_1 2.20 mg，VB_2 5.50 mg，VB_6 2.20 mg，VB_{12} 16.50 μg，烟酸 nicotinic acid 22.00 mg，泛酸钙 calcium pantothenate 11.00 mg，叶酸 folic acid 1.10 mg，生物素 biotin 88.00 μg。

2) 计算值 Calculated values。

1.2 检测指标

1.2.1 取样

试验鸡在取样前禁食12 h。于试验的第63天从各重复随机抽取体质健康、体重中等的3只黄羽肉鸡，翅静脉采血5 mL，静置2 h后制备血清，置于-20 ℃冰箱保存用于测定血清生化指标；采血后试验鸡颈部放血屠宰，取其嗉囊、腺胃、肌胃、十二指肠、空肠、回肠的部分内容物用于pH测定，另取十二直肠内容物用于消化酶活性的测定；取两侧盲肠用于微生物培养；最后进行屠宰性能的测定。

1.2.2 生长性能的测定

试验鸡于第1、63天08:00以重复为单位称重，记录各重复的日供料量、余料量和损耗量，计算体增重和料重比。

每天记录死亡鸡数，计算成活率。

成活率（%）=[（饲养鸡数-死亡鸡数）/饲养鸡数]×100。

1.2.3 屠宰性能的测定

屠宰性能的测定指标包括屠宰率、半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率，参照杨宁[9]描述的方法进行。

1.2.4 肠道pH的测定

pH的测定采用PHS-3C型酸度计进行测定。

1.2.5 十二指肠消化酶的测定和盲肠微生物菌群培养

十二指肠淀粉酶和胰蛋白酶的活性采用购自南京建成生物工程研究所的试剂盒进行测

定。

盲肠微生物菌群的培养参照陈家祥等[10]的方法，其中大肠杆菌采用北京陆桥麦康凯琼脂培养基、乳酸菌采用北京陆桥的酸细菌培养基(MRS)分别进行培养。

1.2.6 血清生化及抗氧化指标的测定

选取总蛋白、白蛋白、尿素氮、碱性磷酸酶等作为测定血清生化的指标，试验均采用试剂盒测定(上海荣盛生物药业有限公司)，总蛋白含量采用双缩脲法，白蛋白含量采用溴甲酚绿法，尿素氮含量采用脲酶连续监测法，碱性磷酸酶活性采用 AMP 法。

选取丙二醛(MDA)、过氧化氢酶(CAT)、总抗氧化能力(T-AOC)等作为测定血液抗氧化能力的指标，试验均采用试剂盒测定(南京建成生物工程研究所)，MDA 含量采用的是硫代巴比妥酸（TBA）法，CAT 活性、T-AOC 采用可见光法。

1.3 数据处理与统计分析

数据采用 SPSS 16.0 统计软件中的单因素方差分析（one-way ANOVA）进行统计分析，均值的多重比较采用 LSD 法。以 $P<0.01$(差异极显著)，$P<0.05$(差异显著)作为差异显著性判断标准，结果用平均值±标准差表示。

2 结果与分析

2.1 包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能的影响

由表2可知，各组初重差异不显著（$P>0.05$），均在38.0 g左右；0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂组的末重、体增重较对照组都有极显著提高（$P<0.01$），末重分别提高了10.54%、12.92%、10.24%，体增重则分别提高了10.80%、13.17%、10.45%。各组间料重比、成活率差异不显著（$P>0.05$）。

表2 包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能的影响

Table 2 Effects of coated acidifier on growth performance of yellow broilers

项目 Items	包被酸化剂添加量 Coated acidifier addition/% 0	0.1	0.3	0.5	*P* 值 *P*-value
初重 Initial body weight/g	37.97±0.78	38.07±0.85	38.31±1.28	37.61±0.58	0.824
末重 Final body weight/g	1 973.0±42.3^{Aa}	2 182.0±57.4^{Bb}	2 228.0±99.3^{Bb}	2 175.0±76.2^{Bb}	0.000
体增重 Body weight gain/g	1 934.8±42.4^{Aa}	2 143.8±57.8^{Bb}	2 189.6±99.4^{Bb}	2 136.9±75.9^{Bb}	0.000
料重比 Feed to gain	2.36±0.01	2.37±0.01	2.37±0.01	2.36±0.01	0.395
成活率 Rate of survival/%	98.66±2.98	100.00±0.00	100.00±0.00	98.66±2.98	

同行数据肩标不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$），不同大写字母表示差异极显著（$P<0.01$），相同或无字母表示差异不显著（$P>0.05$）。下表同。

In the same row, values with different small letter superscripts mean significant difference ($P<0.05$), and with different capital letter superscripts mean significant difference ($P<0.01$), while with the same or no letter superscripts mean no significant difference ($P>0.05$). The same as below.

2.2 包被酸化剂对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

由表 3 可知，0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂组的胸肌率、腿肌率同对照组相比都有所提高，胸肌率分别提高了 4.79%($P>0.05$)、6.64%($P<0.05$)、3.38%($P>0.05$)，腿肌率分别提高了 3.42%($P>0.05$)、5.44%($P<0.05$)、3.01%($P>0.05$)。而各组屠宰率、半净膛率、全净膛率差异均不显著($P>0.05$)。

表 3 包被酸化剂对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

Table 3 Effects of coated acidifier on slaughter performance of yellow broilers %

项目	包被酸化剂添加量 Coated acidifier addition/%				*P* 值
Items	0	0.1	0.3	0.5	*P*-value
屠宰率 Dressing percentage	90.09±0.94	90.25±0.54	90.22±0.60	90.23±1.65	0.763
半净膛率 Semi-eviscerated percentage	81.74±1.30	81.87±1.13	81.81±1.00	81.79±1.02	0.927
全净膛率 Eviscerated percentage	60.59±1.31	61.22±1.45	61.30±1.31	61.09±1.06	0.385
胸肌率 Breast meat percentage	15.66±1.20^{a}	16.41±1.06^{ab}	16.70±1.23^{b}	16.19±1.23^{ab}	0.045
腿肌率 Thigh meat percentage	22.23±1.04^{a}	22.99±1.62^{ab}	23.44±1.57^{b}	22.90±1.02^{ab}	0.043

2.3 包被酸化剂对黄羽肉鸡肠道pH的影响

由表4可知，0.5%包被酸化剂组肉鸡腺胃pH与对照组相比显著降低($P<0.05$)，下降了4.97%；0.3%包被酸化剂组肉鸡十二指肠pH较对照组显著降低($P<0.05$)，下降了1.99%。余下各组各肠段之间pH均差异不显著($P>0.05$)。

表 4 包被酸化剂对黄羽肉鸡肠道 pH 的影响

Table 4 Effects of coated acidifier on intestine pH of yellow broilers

项目	包被酸化剂添加量 Coated acidifier addition/%				*P* 值
Items	0	0.1	0.3	0.5	*P*-value
嗉囊 Craw	5.52±0.32	5.51±0.39	5.50±0.21	5.50±0.28	0.945
腺胃 Glandular stomach	3.42±0.29^{b}	3.32±0.12^{ab}	3.31±0.34^{ab}	3.25±0.11^{a}	0.049
肌胃 Muscular stomach	2.84±0.21	2.80±0.16	2.78±0.08	2.77±0.10	0.539
十二指肠 Duodenum	6.53±0.18^{b}	6.49±0.13^{ab}	6.40±0.12^{a}	6.42±0.10^{ab}	0.037
空肠 Jejunum	6.46±0.14	6.45±0.18	6.45±0.13	6.44±0.10	0.899

回肠 Ileum	6.72±0.10	6.69±0.10	6.70±0.11	6.69±0.07	0.604

2.4 包被酸化剂对黄羽肉鸡十二指肠消化酶活性和盲肠微生物数量的影响

由表 5 可知，0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂组肉鸡十二指肠淀粉酶活性、胰蛋白酶活性与对照组相比均有所提高，淀粉酶活性上各组分别提高了 6.00%(P>0.05)、14.00%(P<0.05)、4.00%(P>0.05)，胰蛋白酶活性各组则是分别提高了 3.75%(P>0.05)、8.86%(P<0.05)、3.43%(P>0.05)。0.3%包被酸化剂组肉鸡盲肠中大肠杆菌数与对照组相比显著减少(P<0.05)，下降了 4.70%；乳酸菌数量方面，则是显著提高了 3.67%(P<0.05)；其余各组间差异均不显著(P>0.05)。

表 5　包被酸化剂对黄羽肉鸡十二指肠消化酶活性和盲肠微生物数量的影响

Table 5　Effects of coated acidifier on duodenal digestive enzyme activity and cecum microbial number of yellow broilers

项目 Items	包被酸化剂添加量 Coated acidifier addition/% 0	0.1	0.3	0.5	*P* 值 *P*-value
胰蛋白酶 Trypsin/(U/mg prot)	1 860.8±172.9[a]	1 930.6±101.0[ab]	2 025.6±157.5[b]	1 924.6±137.1[ab]	0.034
淀粉酶 Amylase/(U/mg prot)	0.50±0.06[a]	0.53±0.03[ab]	0.57±0.04[b]	0.52±0.05[ab]	0.012
大肠杆菌 *E-coli*/（lgCFU/g）	7.24±0.26[b]	7.07±0.38[ab]	6.90±0.04[a]	6.96±0.03[ab]	0.039
乳酸菌 *Lactobacillus* /（lgCFU/g）	9.26±0.32[a]	9.49±0.27[ab]	9.60±0.40[b]	9.46±0.16[ab]	0.045

2.5　包被酸化剂对黄羽肉鸡血清生化指标和抗氧化功能的影响

由表 6 可知，与对照组相比，0.1%、0.3%包被酸化剂组的血清中碱性磷酸酶活性显著提高(P<0.05)，分别提高了 15.36%、20.00%，尿素氮含量则是显著下降(P<0.05)，分别降低了 11.86%、13.56%。各组中的血清总蛋白、白蛋白含量差异均不显著(P>0.05)。

与对照组相比，0.1%、0.3%、0.5%包被酸化剂组的血清 CAT 活性、T-AOC、MDA 含量都有所改善，其中，CAT 活性分别提高了 10.53%(P>0.05)、19.43%(P<0.05)、17.00%(P<0.05)，T-AOC 分别提高了 4.77%(P>0.05)、11.85%(P<0.05)、4.08%(P>0.05)，MDA 含量分别降低了 12.50%(P>0.05)、16.19%(P<0.05)、9.94%(P>0.05)。

表6　包被酸化剂对黄羽肉鸡血清生化指标和抗氧化功能的影响

Table 6　Effects of coated acidifier on serum biochemical index and antioxidant function of yellow broilers

项目 Items	包被酸化剂添加量 Coated acidifier addition/% 0	0.1	0.3	0.5	*P* 值 *P*-value
总蛋白 Total protein/(g/L)	35.05±4.84	37.91±6.22	38.36±5.96	36.91±8.51	0.515
白蛋白	7.23±1.23	7.57±1.47	7.82±1.13	7.32±1.03	0.319

Albumin/(g/L)					
碱性磷酸酶 Alkaline phosphatase /(U/L)	553.51±87.59[a]	638.53±120.95[b]	664.20±81.47[b]	622.94±81.04[ab]	0.011
尿素氮 Urea nitrogen/(mmol/L)	0.59±0.05[a]	0.52±0.07[b]	0.51±0.07[b]	0.54±0.08[ab]	0.025
过氧化氢酶 Catalase/(U/mL)	2.47±0.50[a]	2.73±0.31[ab]	2.95±0.35[b]	2.89±0.47[b]	0.017
丙二醛 Malonaldehyde/(nmol/mL)	3.52±0.32[a]	3.08±0.64[ab]	2.95±0.70[b]	3.17±0.60[ab]	0.037
总抗氧化能力 Total antioxidant capacity /(U/mL)	13.00±1.54[a]	13.62±1.17[ab]	14.54±2.30[b]	13.53±1.42[ab]	0.030

3 讨 论

3.1 包被酸化剂对黄羽肉鸡生长性能的影响

本试验添加包被酸化剂后，对于黄羽肉鸡体重、体增重的提高都有促进作用，这与Khosravi 等[11]、Abdel-Fattah 等[12]报道相似。许多研究表明，在肉鸡饲粮中添加酸化剂，有助于改善饲粮适口性，进入动物机体后能够参与机体代谢反应，加速机体对营养物质的吸收利用，有效抑制消化道有害菌群的繁殖，维持消化道微生物生态平衡，提高机体的免疫能力，进而提高肉鸡的生长性能。尹靖东等[13]报道，将 0.5%的柠檬酸添加到肉鸡饲粮中后，肉鸡的增重、成活率分别提高了 6.1%、8.6%。朱碧泉等[14]报道，在肉鸡饲粮中分别添加 1.5%的延胡索酸、1.5%的柠檬酸及 0.2%的复合酸化剂可以不同程度提高肉鸡的生长性能，并且以0.2%的复合酸化剂的添加效果最佳。本试验也得到了与上述报道类似的结果。本试验结果表明，在黄羽肉鸡饲粮中添加 0.3%的包被酸化剂后，黄羽肉鸡在体重提高了 12.92%，体增重提高了 13.17%，效果优于添加 0.5%的包被酸化剂。

3.2 包被酸化剂对黄羽肉鸡屠宰性能的影响

屠宰性能指标是肉鸡产肉量高低的最直观比较，但目前有关酸化剂对肉鸡屠宰性能影响的报道并不多。马红艳[15]的试验结果表明，在肉仔鸡饲粮中添加 0.3%的复合酸化剂对体重增长效果最佳，对屠宰性能有一定影响，但各添加组间的差异并不显著。徐刚[16]报道，在肉仔鸡饲粮中添加酸化剂后，对半净膛率、全净膛率有显著提高，分别达到 3.89%、4.11%。本试验结果与上述报道类似，在黄羽肉鸡饲粮中添加 0.3%的包被酸化剂后，半净膛率、全净膛率、胸肌率和腿肌率分别提高了 13.16%、14.33%、21.99%、20.62%；添加 0.5%的包被酸化剂后，半净膛率、全净膛率、胸肌率、腿肌率分别提高了 10.48%、11.34%、14.93%、

14.70%。从屠宰性能上比较，0.3%包被酸化剂组的效果优于 0.5%包被酸化剂组。

3.3 包被酸化剂对黄羽肉鸡肠道 pH 的影响

现有文献资料对于酸化剂能够影响动物肠道 pH 的研究报道结果不一。多数报道指出，酸化剂能够降低动物肠道的 pH。郭雪峰等[17]在断奶仔猪饲粮中添加康体酸和乳味酸后，发现试验组胃、十二指肠的 pH 显著降低，差异达到极显著水平。陈代文等[18]仔猪饲粮中添加 5 kg/t 的乳酸宝后，同对照组相比，胃的 pH 与十二指肠 pH 的降低都达到显著差异，但不影响其他肠段 pH。Risley 等[19]在玉米-豆粕型仔猪饲粮中添加 1.5%的柠檬酸后，发现空肠 pH 由 6.76 下降到 6.69，盲肠 pH 从 6.36 下降到 6.19，但差异不显著。曹志华等[20]在艾维茵肉仔鸡饲粮中添加了 5、10、15 g/kg 的有机复合酸化剂后，对腺胃的 pH 进行检测，发现腺胃 pH 随添加浓度的升高而降低，但在第 5 天后各组的腺胃 pH 都达到了相对稳定。曹志华等[21]研究表明，在肉鸡饲粮中添加不同梯度的复合酸化剂之后，对试验鸡进行空肠 pH 的检测，发现各组间空肠 pH 不存在显著差异。本试验得出的结果是添加包被酸化剂后，对试验鸡十二指肠的 pH 影响较大，即 0.3%包被酸化剂组的试验鸡十二指肠 pH 较对照组降低了 1.99%，其他肠段则是变化不明显。

3.4 包被酸化剂对黄羽肉鸡十二指肠消化酶活性和盲肠微生物数量的影响

消化道 pH 的变动对消化酶的活性高低有着很大影响。朱晓萍等[22]研究发现，生物酸化剂在早期仔猪饲粮中的添加使用能够促进仔猪胃酸及胃蛋白酶分泌，提高淀粉酶与胰蛋白酶的活性。郭鹏等[23]研究发现，在肉仔鸡饲粮中添加 0.2%的复合酸化剂，对于 21 和 42 日龄的十二指肠淀粉酶活性都有显著提高。本试验中，添加包被酸化剂后黄羽肉鸡十二指肠的消化酶活性也发生了变化。同对照组相比，0.5%包被酸化剂组胰蛋白酶、淀粉酶活性分别提高了 3.43%、4.00%，0.3%包被酸化剂组胰蛋白酶、淀粉酶活性分别提高了 8.86%、14.00%。这样的试验结果与上述报道相似。可能的原因是与前文中所提到的，添加包被酸化剂之后，黄羽肉鸡十二指肠 pH 有显著变化有关。

禽类结肠较短，食糜可快速通过结肠进入盲肠，因此盲肠是其微生物生存和活动的重要场所[24]。盲肠内固有微生物区系最大作用在于阻止入侵病原微生物的定居[25]。酸化剂在饲料中的添加使用，降低了动物肠道 pH，破坏了有害菌群的适宜生存环境的同时为乳酸菌等有益菌的繁殖创造了有利条件。氨基酸以及能量的消化吸收得到改善的可能途径之一就是通

过肠道致病菌数的降低，减弱宿主营养素菌群竞争，使内源性损失减少[26]。Li 等[27]报道，将 0.5%的有机酸化剂 B 添加至 14 日龄断奶仔猪饲粮中，能够降低粪便中大肠杆菌数量，增加乳酸菌数量。马红艳等[28]研究表明，添加复合酸化剂之后，肉鸡肠道的微生物环境得到改善，即大肠杆菌的生长受到抑制，乳酸菌的增殖却得到促进，且随添加量的增大，大肠杆菌数量逐渐减少，乳酸菌数量则逐渐增多。本试验结果与上述报道类似，即添加包被酸化剂之后，黄羽肉鸡盲肠的大肠杆菌数量降低，乳酸菌数量增加。试验结果表明以添加 0.3%包被酸化剂组效果较好，乳酸菌数量提高了 3.67%，大肠杆菌数量减少了 4.70%。

3.5 包被酸化剂对黄羽肉鸡血清生化指标和抗氧化功能的影响

血清生化指标发生变化反映的是细胞通透性以及新陈代谢机能的改变。血清总蛋白的生理功能多种多样，主要体现在维持血管内部稳定的渗透压及酸碱平衡、输送并调节多种代谢物质、维护机体正常的免疫功能等。白蛋白由肝脏合成，肝脏功能受到损害时，白蛋白比例降低，且降低程度与肝受损严重程度平行。本试验中血清总蛋白和白蛋白含量没有发生显著变化，可能是长期添加包被酸化剂，机体自身的调节与适应减弱了包被酸化剂对其的影响。

血清碱性磷酸酶是机体代谢关键酶之一，具有机体防御、免疫调节以及离子分泌等[29]的生理作用。本试验结果表明，将包被酸化剂添加到黄羽肉鸡饲粮后，同日龄中碱性磷酸酶的活性都有不同程度的提高，效果以 0.3%包被酸化剂组较好。尿素氮是蛋白质代谢的主要末端产物，因此血清中的尿素氮含量是衡量机体内蛋白质代谢是否平衡的一个重要指标，其含量减少意味着蛋白质的合成代谢加强，氮的利用率提高，促进肌肉增长[30]。本试验中，添加包被酸化剂组的血清尿素氮含量低于未添加的对照组，这说明包被酸化剂的使用有效促进了机体对饲粮中营养物质的吸收利用，尤其是蛋白质的利用，优化了黄羽肉鸡的生长性能。

CAT 在生物体内重要的生理作用就是参与活性氧（过氧化氢、羟自由基及超氧阴离子）的代谢[31]。关于酸化剂对肉鸡血清 CAT 活性影响的报道较少。本试验结果表明，添加包被酸化剂后，可以不同程度提高黄羽肉鸡血清中的 CAT 活性，说明包被酸化剂在一定程度上还是可以改善黄羽肉鸡血清中的 CAT 活性。

机体内的抗氧化防御体系（抗氧化物质、抗氧化酶）赋予了机体较为强大的抗氧化损伤能力。T-AOC 的大小反映出机体自由基代谢的状况，T-AOC 的测定对机体酶及非酶系统抗氧化能力的评估具有重大意义[32]。作为生物体内自由基供给生物膜多不饱和脂肪酸引起脂

质过氧化的产物——MDA，其含量的高低体现的不仅是机体脂质过氧化速率与强度，还间接反映机体受损伤的严重程度。试验结果表明，使用包被酸化剂组 T-AOC 得到了加强，而 MDA 含量被降低。而试验结果所得到的 T-AOC 的提高恰恰说明了这一点。

4 结 论

饲粮中添加包被酸化剂能够调节黄羽肉鸡肠道 pH，提高消化酶活性，优化盲肠微生物菌群，改善血清生理生化指标，从而提高其生长性能，适宜添加量为 0.3%。

参考文献：

[1] BLANK R,MOSENTHIN R,SAUER W C,et al.Effect of fumaric acid and dietary buffering capacity on ileal and fecal amino acid digestibilities in early-weaned pigs[J].Journal of Animal Science,1999,77(11):2974–2984.

[2] 蒋秀仝.柠檬酸对肉鸡肠道 pH 值与微生物数量的影响[J].养殖技术,2011(9):224–225.

[3] 王晓青.日粮中添加柠檬酸对断奶仔猪增重效果的影响[J].养殖与饲料,2011(8):42–43.

[4] 侯永清,梁敦素,丁斌鹰,等.早期断奶仔猪日粮中添加不同种类酸化剂的效果[J].中国畜牧杂志,1996,32(6):8–11.

[5] 李鹏,武书庚,张海军,等.复合酸化剂对断奶仔猪生长性能、胃肠道酸度及消化酶活性的影响[J].养猪,2009(1):5–8.

[6] 汪海峰,陈海霞,章文明,等.复合酸化剂对断奶仔猪生产性能和肠道微生物区系的影响[J].中国畜牧杂志,2011,47(11):49–53.

[7] 曹国文,马宁,杨松金,等.柠檬酸对肠道菌群影响的研究[J].四川畜牧兽医,1992(1):9–11.

[8]董欣.酸化剂的种类及其在饲料中的使用[J].中国饲料添加剂,2015(6):38–40.

[9] 杨宁.家禽生产学[M].北京:中国农业出版社,2002:290–291.

[10] 陈家祥,张仁义,王全溪,等.地衣芽孢杆菌对麻羽肉鸡肠道组织结构及盲肠微生物区系的影响[J].动物营养学报,2010,22(3):757–761.

[11] KHOSRAVI A, BOLDAJI F, DASTAR B,et al.The use of some feed additives as growth promoter in broilers nutrition[J].International Journal of Poultry Science,2008,7(11):1095–1099.

[12] ABDEL-FATTAH S A,EL-SANHOURY M H,EL-MEDNAY N M,et al.Thyroid activity,some blood constituents,organs morphology and performance of broiler chicks fed supplemental organic

acids[J].International Journal of Poultry Science,2008,7(3):215–222.

[13] 尹靖东,霍启光.饲料酸化剂的发展现状及新型产品的开发[J].饲料工业,1999,20(10):5–8.

[14] 朱碧泉,丁雪梅,余冰,等.不同种类有机酸对肉鸡生长、养分利用率和肠道微生态的影响研究[J].饲料与畜牧,2007(6):9–12.

[15] 马红艳.两种复合酸化剂对肉仔鸡作用效果的研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2006.

[16] 徐刚.肉仔鸡用四种绿色饲料添加剂的应用效果及其组合效应研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2007.

[17] 郭雪峰,边连全,付亮亮,等.酸化剂对早期断奶仔猪胃肠道 pH 和肠黏膜形态结构的影响[J].养猪,2006(5):4–6.

[18] 陈代文,张克英,余冰,等.仔猪饲粮添加酸化剂及黄霉素对生产性能、消化道 pH 和微生物数量的影响[J].中国畜牧杂志,2004,40(4):16–19.

[19] RISLEY C R,KORNEGAY E T,LINDEMANN M D,et al.Effect of feeding organic acids on selected intestinal content measurements at varying times postweaning in pigs[J].Journal of Animal Science,1992,70(1):196–206.

[20] 曹志华,欧阳晶旭,王俊,等.有机复合酸化剂对艾维茵(AVIAA)肉鸡生长性能、营养成分消化率及腺胃 pH 的影响[J].长江大学学报:自然科学版,2006,3(4):164–166.

[21] 曹志华,郑传发,张桥.复合酸化剂对肉鸡空肠有害菌群定植定量的影响[J].湖北农业科学,2005(4):88–90.

[22] 朱晓萍,张德福.几种酸化剂对断奶仔猪胃酸分泌、胃肠道消化酶活性和微生物菌群的影响[J].黑龙江畜牧兽医,2007(3):31–33.

[23] 郭鹏,卢建,李军,等.复合酸化剂对肉仔鸡消化道 pH 值和消化酶活性的影响[J].饲料工业,2011,32(11):32–35.

[24] 李永洙.氨基酸对蛋鸡生产性能及盲肠微生物菌群结构的影响[J].中国农业大学学报,2012,17(2):108–116.

[25] 刘晨黎,高巍.鸡盲肠微生物微生态调控研究进展[J].中国家禽,2000,22(10):30–32.

[26] DIBNER J J,BUTTIN P.Use of organic acids as a model to study the impact of gut microflora

on nutrition and metabolism[J].The Journal of Applied Poultry Research,2002,11(4):453–463.

[27] LI Z J,YI G F,YIN J D,et al.Effects of organic acids on growth performance,gastrointestinal pH,intestinal microbial populations and immune responses of weaned pigs[J].Asian-Australasian Journal of Animal Science,2008,21(2):252–261.

[28] 马红艳,姚毅.不同复合酸化剂对肉鸡肠道 pH 及微生物数量的影响[J].山西农业科学,2009,37(12):59–61.

[29] POELSTRA K,BAKKER W W,KLOK P A,et al.Dephosphorylation of endotoxin by alkaline phosphatase *in vivo*[J].American Journal of Pathology,1997,151(4):1163–1169.

[30] 孔路军,郑雅文,赖长华,等.配合添加 EM 和酸化剂对肉仔鸡免疫机能和生产性能的影响[J].山东家禽,2002(11):14–18.

[31] 刘冰,梁婵娟.生物过氧化氢酶研究进展[J].中国农学通报,2005,21(5):223–224,232.

[32] 赵吉伟,张颖,卢彤岩,等.不同硒源对虹鳟生长性能及抗氧化能力的影响[J].水产学杂志,2005,18(2):28–34.

Effects of Coated Acidifier on Growth Performance, Gastrointestinal Environments and Serum Biochemical Indices of Yellow Broilers

XU Lihui FAN Qian ZHANG Jie GAO Yuyun WANG Quanxi WANG Changkang*

(*College of Animal Science*, *Fujian Agriculture and Forestry University*, *Fuzhou* 350002, *China*)

Abstract: The objective of this experiment was to study the effects of dietary different doses coated acidifier on growth performance, gastrointestinal environments and serum biochemical indices of yellow broilers. Three hundred 1-day-old healthy yellow male broilers with similar body weight were randomly allocated into 4 groups with five replicates per group and 15 chickens per replicate. The control group was fed with a basal diet, while the experimental groups were fed with the experimental diets which added 0.1%, 0.3%, 0.5% coated acidifier, respectively. The experiment lasted for 63 days. The results showed as follows: 1) the final body weight and body weight gain in 0.1%, 0.3% and 0.5% coated acidifier groups were significantly higher than those in control group （P<0.01）. 2) The breast meat percentage and thigh meat percentage in 0.3% coated acidifier group were significantly higher than those in control group（P<0.05）, both of the pH of dodenum in 0.3% coated acidifier group and the pH of glandular stomach in 0.5% coated acidifier group were significantly lower than those in control group （P<0.05）. The activities of trypsin and amylase in 0.3% coated acidifier group were significantly higher than those in control group （P<0.05）, the number of *Lactobacillus* was significantly higher than that in control group （P<0.05）, the number of *E-coli* was significantly lower than that in control group （P<0.05）. 3) The activity of alkaline phosphatase in 0.1% coated acidifier group was significantly higher than that in control group （P<0.05）, and the urea nitrogen content was significantly lower than that in control group （P<0.05）. The activities of alkaline phosphatase, catalase and total antioxidant capacity were significantly higher than those in control group （P<0.05）. In conclusion, dietary adding coated acidifier can improve the production performance, reduce intestinal pH, improve the activity of digestive enzymes, improve the microflora composition and the serum biochemical indices, and the optimal addition is 0.3%.

Key words: yellow broilers; growth performance; digestive enzyme; microbial flora; serum biochemical indices

*Corresponding author, professor, E-mail: wangchangkangcn@163.com (责任编辑　武海龙)